

ВЛИЯНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ, МАКРО-, МИКРОУДОБРЕНИЙ И РЕГУЛЯТОРА РОСТА НА КАЧЕСТВО УРОЖАЯ, СОДЕРЖАНИЕ И ВЫНОС ОСНОВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ, И ЭНЕРГЕТИЧЕСКУЮ ЦЕННОСТЬ КУКУРУЗЫ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ НА ЗЕРНО

С. С. МОСУР

УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия», г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: agrohimp_bgsha@mail.ru

(Поступила в редакцию 18.01.2024)

В статье приведены исследования по влиянию органических, минеральных удобрений, микроудобрений и регулятора роста на качество зерна кукурузы, содержание основных элементов питания, а также их обций и удельный вынос с зелёной массой кукурузы при возделывании на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве.

В опытах использовался гибрид кукурузы Ладога. Среднеранний, трёхлинейный, с промежуточным типом зерна.

Многочисленные опыты показывают, что качество зерна кукурузы улучшается при помощи дополнительного «питания» растений с помощью подкормок.

В исследованиях использовали органические удобрения, микроудобрения и комплексные удобрения, так как с помощью их увеличивается урожайность и качество зерна кукурузы. В опытах также применяли регулятор роста Экосил. Также в исследованиях определяли содержание основных элементов питания в зерне кукурузы и их обций и удельный вынос с зелёной массой. И эта тема является привлекательной для исследователей. Были использованы микроудобрения белорусского производства и зарубежные в качестве сравнения по эффективности между собой.

Проводили исследования на содержание основных макроэлементов (азота, фосфора, калия) и необходимых для роста и развития кукурузы микроэлементов (меди и цинка) в зерне. А также такие показатели качества зерна кукурузы, как содержание сырой золы, клетчатки и жира, азота.

Ключевые слова: кукуруза, урожайность зерна, NPK, вынос элементов питания, энергетическая ценность, удобрение, микроудобрение, окупаемость удобрений, регулятор роста.

The article presents studies on the influence of organic, mineral fertilizers, microfertilizers and a growth regulator on the quality of corn grain, the content of basic nutrients, as well as their total and specific removal from the green mass of corn when cultivated on sod-podzolic light loamy soil.

The Ladoga corn hybrid was used in the experiments. Medium early, three-linear, with an intermediate grain type.

Numerous experiments show that the quality of corn grain is improved with the help of additional “nutrition” of plants using fertilizers.

Organic fertilizers, microfertilizers and complex fertilizers were used in the studies, as they increase the yield and quality of corn grain. The growth regulator Ecosil was also used in the experiments. The studies also determined the content of basic nutrients in corn grain and their total and specific removal with green mass. And this topic is attractive to researchers. Microfertilizers produced in Belarus and foreign ones were used to compare their effectiveness with each other.

Research was conducted on the content of basic macroelements (nitrogen, phosphorus, potassium) and microelements (copper and zinc) necessary for the growth and development of corn in the grain. As well as such indicators of the quality of corn grain as the content of raw ash, fiber and fat, and nitrogen.

Key words: corn, grain yield, NPK, removal of nutrients, energy value, fertilizer, microfertilizer, payback of fertilizers, growth regulator.

Введение

Кукуруза – одна из наиболее распространенных сельскохозяйственных культур в мировом земледелии. Среди зерновых культур она занимает первое место по урожайности и третье – по посевным площадям. Средняя урожайность зерна кукурузы в мире составляет 3,69 т/га [1, 2].

Однако, качественные показатели зерна кукурузы отличаются от других зерновых культур. Например, по содержанию жира зерно кукурузы превосходит все зерновые культуры, а по содержанию сырого белка и клетчатки зерно кукурузы уступает другим фуражным культурам. В основном, в хозяйствах нашей страны, кукурузу используют на силос – ценный корм для скота, особенно для молочного. В 1 кг силоса, приготовленного из кукурузы с початками в фазе молочно-восковой спелости зерна, содержится 0,25–0,32 кормовых единиц и 14–18 г переваримого протеина. В зеленой массе содержится белка 1,8 %, жира – 0,9, клетчатки – 4,7, безазотистых экстрактивных веществ – 12,4 % [3–5].

В Республике Беларусь ежегодно увеличиваются объемы производства кукурузы не только на силос, но и на зерно. Так, в 2010 г. под кукурузой было занято 809,7 тыс. га, из них 111,8 тыс. га на зерно, в 2011 г. – 978,0 тыс. га, в т.ч. на зерно – 184,6 тыс. га, в 2012 г. – более 1200 тыс. га кукурузы, в т.ч. на зерно – более 400 тыс. га. Появление новых сортов и гибридов позволило значительно продвинуть зону выращивания кукурузы на север. Однако потенциал этой ценной культуры использует-

ся далеко не полностью. В основном средняя урожайность зеленой массы кукурузы по республике в последнее десятилетие была на уровне 240–260 ц/га [6, 7].

Обеспечить высокую продуктивность кукурузы при сохранении и повышении почвенного плодородия может только научно обоснованная система удобрения этой культуры [8–10].

Цель исследований – определить влияние органических, макро-, микроудобрений и регулятора роста на урожайность, качество, содержание и вынос основных элементов питания при возделывании кукурузы на зерно.

Основная часть

Исследования проводились на опытном поле «Тушково» УНЦ «Опытные поля БГСХА» в 2018–2020 г. на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, развивающейся на легком лессовидном суглинке, подстилаемой с глубины около 1 метра моренным суглинком.

Почва опытного участка в среднем за 3 года исследований имела слабокислую реакцию почвенной среды, среднюю обеспеченность гумусом и подвижными формами меди и цинка (1,52–3,47 мг/кг; 3,9–4,4 мг/кг), повышенное содержание подвижных форм фосфора (216,8–238,4 мг/кг), повышенное и высокое содержание подвижного калия (291,0–328,0 мг/кг) соответственно по методу Кирсанова (табл. 1).

Таблица 1. Агрохимические показатели почвы опытного участка перед закладкой опытов

Год исследования	N, %	pH _{ксл}	P ₂ O ₅	K ₂ O	Cu	Zn
2018	1,5 гумуса	м-экв на 100 г почвы	мг/кг почвы			
		5.56	238.4	291.0	3.474	4.436
2019	1,5 гумуса	м-экв на 100 г почвы	мг/кг почвы			
		5.24	216.8	315.8	2.566	4.001
2020	1,6 гумуса	м-экв на 100 г почвы	мг/кг почвы			
		5.83	234.5	328.0	1.5295	3.9107

Объектом исследований являлся гибрид кукурузы Ладога. Среднеранний. Включён в госреестр сортов Беларуси в 2012 году. Вегетационный период 106–109 дней.

В опытах применялись удобрения:

– мочевины (46 % N); аммонизированный суперфосфат (30 % P₂O₅, 9 % N); хлористый калий (60 % K₂O), комплексное удобрение для кукурузы, марка 15–12–19 с 0,2 % Zn и 0,1 % B, разработанное в Институте почвоведения и агрохимии НАН Беларуси;

– органические удобрения – навоз КРС (влажность 78–79 %, органическое вещество – 21–22 %, N – 0,50–0,52 %, P₂O₅ – 0,21–0,22 % и K₂O – 0,55–0,57 %);

– микроудобрения: Адоб–Zn (6,2 % Zn, 9 % N и 3 % Mg); МикроСтим–Цинк (6–8% Zn, 9–11% N), МикроСтим–Медь (6–10 % N; 4,5–5,5 % Cu), МикроСтим–Цинк, Бор (4,6 %, Zn; 9,3 % N; 3,0 % B; гуминовые вещества – 0,48–6,0 г/л);

– комплексное удобрение Кристалон (N – 18 %; P₂O₅ – 18,0 %; K₂O – 18,0 %; MgO – 3 %; SO₃ – 5 %; B – 0,025 %; Cu (ЭДТА) – 0,01 %; Fe (ЭДТА) – 0,07 %; Mn (ЭДТА) – 0,04 %; Mo – 0,004 %; Zn (ЭДТА) – 0,025 %.);

– регулятор роста растений – Экосил – 5 %-ная водная эмульсия тритерпеновых кислот.

Обработку растений кукурузы проводили в фазу 6–8 листьев регулятором роста растений Экосил (50 мл/га), микроудобрением Адоб–Zn (1,5 л/га), комплексными микроудобрениями с регулятором роста МикроСтим–Цинк (1,5 л/га) + МикроСтим–Медь (1 л/га), МикроСтим–Цинк, B (1,65 л/га), комплексным удобрением Кристалон (2 л/га).

Общая площадь делянки – 25,2 м², учётная – 16,8 м². Повторность четырёхкратная.

Посев кукурузы был произведен сеялкой точного высева СТВ-8К в 2018 г. 5 мая, в 2019 г. – 19 апреля, в 2020 г. – 5 мая.

Агротехника возделывания кукурузы общепринятая для Республики Беларусь. Содержание качественных показателей зерна кукурузы проводили по общепринятым методикам [10, 11]

Качество зерна кукурузы зависит от содержания в нем основных макро- и микроэлементов. Поэтому в зерне определяли содержание азота, фосфора и калия.

Чем больше была доза вносимого с удобрением азота, тем больше его содержание было в зерне кукурузы. Минимальное его содержание было в удобренном контрольном варианте и составило 0,97 %.

В фоновом варианте (N₉₀P₇₀K₁₂₀ + N₃₀) содержание азота в зерне кукурузы составило 1,10 % в среднем за все 3 года исследований.

Применение некорневой подкормки комплексным удобрением Кристалон на фоне $N_{90}P_{70}K_{120} + N_{30}$ увеличивало содержание азота на 0,24 % (до 1,34 %) по сравнению с фоновым вариантом.

Максимальное содержание азота в зерне кукурузы было в вариантах с применением 60 т/га навоза на фоне $N_{90}P_{70}K_{120} + N_{30}$ и 60 т/га навоза в сочетании с некорневой подкормкой МикроСтим-Цинк на фоне $N_{90}P_{70}K_{120} + N_{30}$ и составило 1,46 и 1,49 % соответственно.

Максимальное содержание фосфора было в вариантах с применением минеральных удобрений в дозе $N_{120}P_{80}K_{130} + N_{30}$ с некорневой подкормкой МикроСтим-Цинк, некорневой подкормки комплексным удобрением Кристалон на фоне $N_{90}P_{70}K_{120} + N_{30}$, 60 т/га навоза на фоне $N_{90}P_{70}K_{120} + N_{30}$ и 60 т/га навоза в сочетании с некорневой подкормкой МикроСтим-Цинк на фоне $N_{90}P_{70}K_{120} + N_{30}$ и составило 0,65, 0,65, 0,68 и 0,66 % соответственно. Во всех остальных вариантах содержание фосфора практически не отличалось.

По содержанию калия в зерне кукурузы минимальное значение (0,44 %) было в варианте без применения удобрений (табл. 2).

В фоновом варианте с применением минеральных удобрений в дозе $N_{90}P_{70}K_{120} + N_{30}$ содержания калия в зерне достигло 0,53 %. Во всех остальных вариантах содержание калия не отличалось от фонового варианта, кроме варианта с применением комплексного удобрения Кристалон на фоне $N_{90}P_{70}K_{120} + N_{30}$. В данном варианте было максимальное содержание калия, которое составило 0,59 %.

Таблица 2. Влияние органических, макро-, микроудобрений и регулятора роста на урожайность и качество зерна кукурузы в среднем за 2018–2020 гг.

Вариант	Урожайность зерна, ц/га	% на сухое вещество								
		N, %	P ₂ O ₅ , %	K ₂ O, %	Cu, мг/кг	Zn, мг/кг	Сырая зола, %	Сырой жир, %	Сырая клетчатка, %	Сырой протеин, %
Контроль	47,9	0,97	0,54	0,44	1,34	11,21	1,60	3,61	2,54	6,09
$N_{60}P_{60}K_{90}$	65,0	1,02	0,60	0,47	1,34	11,62	1,44	3,14	2,41	6,37
$N_{90}P_{70}K_{120}$ (стандартные)	76,0	1,03	0,62	0,54	1,37	11,14	1,42	3,41	2,50	6,43
$N_{90}P_{70}K_{120}$ (с Zn и B)	80,5	1,06	0,58	0,52	1,37	12,45	1,49	3,33	2,49	6,66
$N_{90}P_{70}K_{120} + N_{30}$ – ФОН	87,5	1,10	0,58	0,53	1,39	11,19	1,44	3,33	2,11	6,91
$N_{120}P_{80}K_{130} + N_{30}$ + МикроСтим-Цинк	96,3	1,20	0,65	0,54	1,41	12,98	1,52	3,54	2,22	7,52
Фон + МикроСтим-Цинк	93,8	1,16	0,54	0,53	1,45	13,42	1,44	3,62	2,19	7,26
Фон + Адоб-Zn	94,4	1,18	0,51	0,52	1,51	15,05	1,54	3,40	2,01	7,40
Фон + МикроСтим-Цинк, Медь	96,3	1,16	0,61	0,53	2,03	14,46	1,50	3,58	2,19	7,28
Фон + Кристалон	102,0	1,34	0,65	0,59	1,78	12,71	1,38	3,54	2,11	8,42
Фон + Экосил	93,0	1,12	0,60	0,55	1,49	12,62	1,58	3,36	2,27	7,00
Фон + МикроСтим-Цинк, Бор	98,5	1,15	0,59	0,54	1,48	12,94	1,57	3,36	2,21	7,20
Навоз 60 т/га + фон ($N_{90}P_{70}K_{120} + N_{30}$)	107,5	1,46	0,68	0,53	1,64	13,13	1,56	3,50	2,22	9,12
Навоз 60 т/га + фон ($N_{90}P_{70}K_{120} + N_{30}$) + МикроСтим-Цинк	110,6	1,49	0,66	0,54	1,50	13,18	1,46	3,46	1,88	9,31
НСР ₀₅	5,17	0,168	0,074	0,061	0,110	1,095	0,164	0,451	0,482	0,734

По содержанию меди минимальное значение (1,34 %) имели варианты с применением минеральных удобрений в дозе $N_{60}P_{60}K_{90}$ и неудобренный контрольный вариант. В фоновом варианте содержание меди составило 1,39 мг/кг.

Наибольшее увеличение содержания меди в зерне кукурузы по сравнению с фоновым вариантом была у трёх вариантов: некорневая подкормка МикроСтим-Цинк, Медь на фоне $N_{90}P_{70}K_{120} + N_{30}$ (на 0,64 мг/кг), некорневая подкормка комплексным удобрением Кристалон на фоне $N_{90}P_{70}K_{120} + N_{30}$ (на 0,39 мг/кг) и в варианте с применением 60 т/га навоза на фоне $N_{90}P_{70}K_{120} + N_{30}$ (на 0,25 мг/кг). Содержание меди в данных вариантах составило 2,03, 1,78 и 1,64 мг/кг соответственно.

Максимальное содержание цинка в зерне кукурузы было в варианте с применением некорневой подкормки Адоб-Zn и составило 15,05 мг/кг. Несколько ниже содержание цинка в зерне было в варианте с применением некорневой подкормки МикроСтим-Цинк, Медь на фоне $N_{90}P_{70}K_{120} + N_{30}$ (14,46 мг/кг).

Применение минеральных макро-, и микроудобрений, регуляторов роста и органических удобрений не способствовало увеличению содержания сырой золы по сравнению с контрольным вариантом без применения удобрений. Содержание сырой золы в контрольном варианте составило 1,60 %, а в фоновом варианте – 1,44 %.

Минимальное содержание сырой золы в зерне кукурузы было в варианте с применением некорневой подкормки комплексным удобрением Кристалон на фоне $N_{90+30}P_{70}K_{120}$ – 1,38 %.

По содержанию сырого жира наименьшее значение было в варианте с применением минеральных удобрений в дозе $N_{60}P_{60}K_{90}$ (3,14 %). Ни одна из применяемых систем удобрения в опыте не способствовала увеличению содержания сырого жира в зерне кукурузы по сравнению с контрольным вариантом. В неудобренном контрольном варианте содержание сырого жира было выше по сравнению с другими применяемыми системами удобрения в опыте и составило 3,61 %.

Наименьшее содержание сырой клетчатки в зерне кукурузы отмечено в варианте с применением некорневой подкормки МикроСтим-Цинк в сочетании с 60 т/га навоза на фоне $N_{90}P_{70}K_{120} + N_{30}$ и составило 1,88 %. Максимальное значение было у варианта без применения удобрений. Содержание сырой клетчатки в данном варианте составляло 2,54 %.

Содержание сырого протеина находится в сильной зависимости от содержания азота в зерне, чем его больше, тем больше содержание протеина.

Содержание сырого протеина в варианте без применения удобрений было минимальным и составило 6,09 %. В фоновом варианте ($N_{90}P_{70}K_{120} + N_{30}$) оно было на 0,82 % выше по сравнению с контрольным вариантом и составило 6,91 %.

Наиболее высокое содержание сырого протеина (8,42 %) среди вариантов с применением минеральных систем удобрения было в варианте с некорневой подкормкой комплексным удобрением Кристалон на фоне $N_{90}P_{70}K_{120} + N_{30}$, что на 1,51 % выше фонового варианта.

Максимальное содержание сырого протеина (9,12–9,31 %) отмечено в вариантах навозно-минеральной системы удобрения.

В табл. 3 представлена обеспеченность к. ед. переваримым протеином, г, сбор сырого и переваримого протеина в зерне кукурузы (табл. 3).

Таблица 3. Влияние применяемых систем удобрения на содержание и сбор сырого протеина и переваримого протеина кукурузы при возделывании на зерно в среднем за 2018–2020 гг.

Варианты	Сбор сырого протеина, ц/га	Сбор переваримого протеина, ц/га	Обеспеченность к. ед. переваримым протеином, г	Энергетическая ценность, МДж/га
Контроль	4,9	3,8	59	62438
$N_{60}P_{60}K_{90}$	6,3	4,8	56	84697
$N_{90}P_{70}K_{120}$ (стандартные)	7,6	5,8	58	99015
$N_{90}P_{70}K_{120}$ (с Zn и В)	8,3	6,3	60	104873
$N_{90}P_{70}K_{120} + N_{30}$ – ФОН	9,4	7,2	63	113898
$N_{120}P_{80}K_{130} + N_{30} +$ МикроСтим-Цинк	13,0	9,9	80	125353
Фон + МикроСтим-Цинк	11,4	8,7	71	122142
Фон + Адоб–Zn	12,3	9,4	77	122880
Фон + МикроСтим-Цинк, Медь	11,1	8,5	67	125309
Фон + Кристалон	13,8	10,6	78	132859
Фон + Экосил	11,3	8,7	70	121057
Фон + МикроСтим-Цинк, Бор	10,4	8,0	60	128217
Навоз 60 т/га + фон ($N_{90}P_{70}K_{120} + N_{30}$)	16,6	12,7	89	139932
Навоз 60 т/га + фон ($N_{90}P_{70}K_{120} + N_{30}$) + МикроСтим-Цинк	19,5	15,0	102	144054
НСР ₀₅	4,9	3,8	59	62438

Максимальный сбор сырого и переваримого протеина был в варианте Навоз 60 т/га + фон ($N_{90}P_{70}K_{120} + N_{30}$) + МикроСтим-Цинк и составил 19,5 и 11,3 ц/га. Применение микроудобрения МикроСтим-Цинк на фоне высоких доз минеральных удобрений $N_{120}P_{80}K_{130} + N_{30}$ способствовало увеличению сбора сырого и переваримого протеина. Сбор сырого и переваримого протеина в данном варианте составил 13,0 и 9,9 ц/га. При минеральной системе удобрения максимальный сбор сырого и переваримого протеина был в варианте с применением минеральных удобрений в дозе $N_{90+30}P_{70}K_{120}$ с некорневой подкормкой комплексным удобрением Кристалон и составил 13,8 и 10,6 ц/га.

Наименьшая обеспеченность кормовой единицы г переваримого протеина была в варианте с применением $N_{60}P_{60}K_{90}$. Максимальная обеспеченность кормовой единицы граммами переваримого протеина была в варианте Навоз 60 т/га + фон ($N_{90}P_{70}K_{120} + N_{30}$) + МикроСтим-Цинк и составила 102 г. При минеральной системе удобрения максимальная обеспеченность кормовой единицы г переваримого протеина была в варианте $N_{120}P_{80}K_{130} + N_{30}$ + МикроСтим-Цинк и составила 80 г.

Максимальная энергетическая ценность зерна кукурузы была получена в вариантах с органоминеральной системой удобрений и была в пределах от 139932 до 144054 МДж/га.

При минеральной системе удобрения максимальная энергетическая ценность зелёной массы кукурузы была получена в вариантах фон ($N_{90+30}P_{70}K_{120}$) + Кристалон и фон ($N_{90+30}P_{70}K_{120}$) + МикроСтим-Цинк, Бор и составила 132859 и 128217 МДж/га.

В табл. 4 приведены данные о выносе элементов питания с зелёной массой кукурузы в среднем за 3 года исследований.

Растения для определения выноса элементов питания отбирали в фазу молочно-восковой спелости. Минимальный общий и удельный вынос макро-, и микроэлементов при возделывании кукурузы на зелёную массу был в контрольном варианте без применения удобрений (табл. 4).

Таблица 4. Влияние применяемых систем удобрения на вынос элементов питания с зелёной массой кукурузы, в среднем за 2018–2020 гг.

Варианты	Общий вынос					Удельный вынос				
	кг/га			г/га		кг/га			г/га	
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Cu	Zn	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Cu	Zn
Контроль	88	33	110	16,8	48,3	2,7	1,0	3,3	2,0	5,7
$N_{60}P_{60}K_{90}$	111	69	154	26,2	97,9	2,7	1,8	3,9	2,5	9,5
$N_{90}P_{70}K_{120}$ (стандартные)	147	56	188	33,5	130,3	3,3	1,3	4,0	2,8	10,8
$N_{90}P_{70}K_{120}$ (с Zn и B)	172	78	191	28,3	189,2	3,6	1,7	4,0	2,2	14,9
$N_{90}P_{70}K_{120} + N_{30}$ – ФОН	184	114	226	33,7	164,8	3,6	2,3	4,5	2,4	12,0
$N_{120}P_{80}K_{130} + N_{30}$ + МикроСтим-Цинк	253	127	268	42,3	246,7	3,9	1,9	4,2	2,4	14,0
Фон + МикроСтим-Цинк	189	105	237	39,6	175,6	3,4	1,9	4,3	2,7	11,7
Фон + Адоб-Zn	245	107	282	42,9	236,0	4,3	1,9	4,9	2,5	13,8
Фон + МикроСтим-Цинк, Медь	194	91	242	70,5	389,2	3,2	1,5	4,0	4,7	25,4
Фон + Кристалон	231	123	292	59,5	344,5	3,7	1,9	4,5	3,7	21,0
Фон + Экосил	223	107	265	40,5	207,4	4,2	2,0	4,9	2,5	12,8
Фон + МикроСтим-Цинк, Бор	185	86	219	38,0	211,3	3,1	1,5	3,7	2,8	15,6
Навоз 60 т/га + фон ($N_{90}P_{70}K_{120} + N_{30}$)	315	130	307	51,4	320,4	4,5	1,8	4,4	2,9	17,4
Навоз 60 т/га + фон ($N_{90}P_{70}K_{120} + N_{30}$) + МикроСтим-Цинк	348	150	338	53,7	411,0	4,7	2,0	4,5	2,5	20,1

Максимальный общий и удельный вынос азота зелёной массой кукурузы был в варианте навоз 60 т/га + $N_{90+30}P_{70}K_{120}$ + МикроСтим-Цинк и составил 348 кг/га и 4,7 кг/10 ц соответственно. Варианты с применением органических удобрений отличались самым высоким общим и удельным выносом азота от всех остальных.

В вариантах с минеральной системой удобрения более высоким выносом азота отличались варианты МикроСтим-Цинк на фоне $N_{120+30}P_{70}K_{120}$ и Адоб-Zn на фоне $N_{90+30}P_{70}K_{120}$ и составили 253 кг/га и 245 кг/га соответственно. Удельный вынос азота в данных вариантах составил 3,9 и 4,3 кг/10 ц соответственно. Все остальные варианты практически не отличались друг от друга.

Общий вынос фосфора был наибольшим в вариантах с применением органических удобрений и составил 130 и 150 кг/га. Максимальный удельный вынос фосфора был в фоновом варианте ($N_{90+30}P_{70}K_{120}$) и составил 2,3 кг/10 ц.

Максимальный общий вынос фосфора среди вариантов с минеральной системой удобрения был в вариантах $N_{120}P_{80}K_{130} + N_{30}$ + МикроСтим-Цинк (75 г/га Zn) и Фон + Кристалон и составил 127 кг/га и 123 кг/га соответственно. При этом удельный вынос фосфора у этих вариантов не отличался от большинства других систем удобрения, применяемых в опыте, и составил 1,9 кг/10 ц.

Общий вынос калия также, как азота и фосфора, был больше всего в вариантах с применением органических удобрений и составил 307 и 338 кг/га. Наименьший общий вынос калия имел вариант без применения удобрений (110 кг/га). В вариантах с минеральной системой удобрения наибольший общий вынос калия был в варианте с применением комплексного удобрения Кристалон на фоне $N_{90+30}P_{80}K_{130}$ (292 кг/га). Между остальными вариантами, где применялись микроудобрения, кроме варианта с навозом, разницы по общему выносу калия не было.

Максимальный удельный вынос калия составил 4,9 кг/10 ц и был в вариантах с применением регулятора роста Экосил на фоне $N_{90+30}P_{70}K_{120}$ и Адоб-Zn на фоне $N_{90+30}P_{70}K_{120}$. В фоновом варианте и в варианте с применением комплексного удобрения Кристалон на фоне $N_{90+30}P_{70}K_{120}$ удельный вынос ка-

лия составил 4,5 кг/10 ц. Минимальный удельный вынос калия был в неудобренном контрольном варианте.

Наибольший общий вынос меди был в варианте, где применяли медьсодержащее микроудобрение (Фон + МикроСтим-Цинк, Медь) и составил 70,5 г/га. Максимальный общий вынос цинка был в вариантах (Навоз + $N_{90}P_{70}K_{120} + N_{30}$ + МикроСтим-Цинк) и (Фон + МикроСтим-Цинк, Медь) и составил 411 и 389,2 г/га соответственно. В варианте с применением комплексного удобрения Кристалон на фоне $N_{90+30}P_{70}K_{120}$ общий вынос меди и цинка составил 59,5 г/га и 344,5 г/га.

Минимальный общий вынос меди и цинка был в неудобренном контрольном варианте и составил 16,8 и 48,3 г/га. Между остальными удобренными вариантами разницы практически не было.

Максимальный удельный вынос меди и цинка был в варианте с применением некорневой подкормки микроудобрением МикроСтим-Цинк, Медь и составил соответственно 4,7 г/10 ц и 25,4 г/10 ц. В варианте $N_{90+30}P_{70}K_{120}$ + Кристалон способствовало удельный вынос меди составил 3,7 г/10 ц и цинка 21,0 г/10 ц.

В неудобренном контрольном варианте удельный вынос меди и цинка составил 2,0 и 5,7 г/10 ц.

Заключение

Максимальная урожайность зерна была получена в варианте с применением навоза на фоне $N_{90+30}P_{70}K_{120}$ с некорневой подкормкой МикроСтим-Цинк (75 г/га) и составила 110,6 ц/га, что на 23,1 ц/га больше фонового варианта.

При минеральной системе удобрения наиболее высокая урожайность зерна (102,2 ц/га) и окупаемость 1 кг NPK кг зерна (19,3 кг) отмечена в варианте $N_{90+30}P_{70}K_{120}$ + Кристалон.

Максимальное содержание азота, сырого протеина в зерне кукурузы было в варианте с применением органоминеральной системы удобрения (60 т/га навоза в сочетании с некорневой подкормкой МикроСтим-Цинк на фоне $N_{90}P_{70}K_{120} + N_{30}$). Максимальное содержание фосфора в зерне было в варианте с применением 60 т/га навоза на фоне $N_{90}P_{70}K_{120} + N_{30}$.

Максимальный сбор сырого и переваримого протеина был в варианте Навоз 60 т/га + фон ($N_{90}P_{70}K_{120} + N_{30}$) + МикроСтим-Цинк и составил 19,5 и 11,3 ц/га. Максимальная энергетическая ценность зерна кукурузы была получена в вариантах с органоминеральной системой удобрений и была в пределах от 139932 до 144054 МДж/га. Максимальная обеспеченность кормовой единицы граммами переваримого протеина была в варианте Навоз 60 т/га + фон ($N_{90}P_{70}K_{120} + N_{30}$) + МикроСтим-Цинк и составила 102 г. При минеральной системе удобрения максимальная обеспеченность кормовой единицы г переваримого протеина была в варианте $N_{120}P_{80}K_{130} + N_{30}$ + МикроСтим-Цинк и составила 80 г.

Удельный вынос по азоту, фосфору и калию ниже был в варианте без применения удобрений. По фосфору удельный вынос в удобряемых вариантах был довольно стабильным и колебался в незначительных пределах (с 1,0 по 2,3 кг/10 ц). По азоту удельный вынос колебался несколько в больших пределах (с 2,7 по 4,7 кг/10 ц), наиболее высоким он был в вариантах навозно-минеральной системы удобрения (Навоз 60 т/га + $N_{90}P_{70}K_{120} + N_{30}$ и Навоз 60 т/га + $N_{90}P_{70}K_{120} + N_{30}$ + МикроСтим-Цинк (75 г/га Zn). Максимальный удельный вынос меди (4,7 г/10 ц) и цинка (25,4 г/10 ц) был в варианте с применением некорневой подкормки микроудобрением МикроСтим-Цинк, Медь на фоне $N_{90+30}P_{70}K_{120}$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Палий, А. Ф. Генетические аспекты улучшения качества зерна кукурузы / А. Ф. Палий. – Кишинёв: Штиинца, 1989. – 176 с.
2. Кукуруза (Выращивание, уборка, консервирование и использование) / Под ред. Д. Шпаара. – 2009. – 390 с.
3. Лиманская, В. Б. Формирование сухой биомассы кукурузы в условиях Западного Казахстана / В. Б. Лиманская // Вестник с.-х. науки Казахстана – 2006. – №12. – С. 15–16.
4. Бобренко, И. А. Оптимизация минерального питания кормовых, овощных культур и картофеля на черноземах Западной Сибири: дис. ... доктора с.-х. наук / И. А. Бобренко. – Омск, 2004. – 446 с.
5. Ермохин, Ю. И. Оптимизация минерального питания сельскохозяйственных культур (на основе системы «ПРОД») / Ю. И. Ермохин, И. А. Бобренко. – Омск: Изд-во ОмГАУ, 2005. – 284 с.
6. Серая, Т. М. Отзывчивость кукурузы на применение различных видов органических удобрений при возделывании на дерново-подзолистой супесчаной почве / Т. М. Серая, О. М. Бирюкова, Е. Н. Богатырева, Е. Г. Мезенцева // Почвоведение и агрохимия. – 2012. – №1. – С. 54–61.
7. Смольский, В. Г. Влияние жидких комплексных удобрений на основе КАС на урожайность и качество зеленой массы кукурузы: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.04 / В. Г. Смольский. – Минск, 2004. – 108 с.
8. Методические указания по учету и применению органических удобрений / В. В. Лапа [и др.]; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2007. – 16 с.
9. Организационно-технологические нормативы возделывания сельскохозяйственных культур: сб. отраслевых регламентов. – Минск: Белорусская наука, 2005. – 304 с.
10. Современные ресурсосберегающие технологии производства растениеводческой продукции в Беларуси / Ф. И. Привалов [и др.]. – Минск: ИВЦ Минфина, 2007. – 448 с.
11. Практикум по агрохимии / И. Р. Вильдфлуш [и др.]. – Минск: Ураджай, 1998. – 270 с.